

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
7. Juni 2001 (07.06.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 01/41228 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **H01L 41/09.**  
H02N 2/12
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/CH00/00636
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
29. November 2000 (29.11.2000)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
2178/99 29. November 1999 (29.11.1999) CH  
1041/00 24. Mai 2000 (24.05.2000) CH
- (71) Anmelder (*für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US*): CREAHOLIC SA [CH/CH]; Zentralstrasse 115, CH-2502 Biel (CH).
- (72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder (*nur für US*): MOCK, Elmar [CH/CH]; Au Balcon des Alpes, CH-1922 Salvan (CH). WITTEVEEN, Bontko [NL/NL]; Arienswei 54, NL-5912 JB Venlo (NL).
- (74) Anwalt: FREI PATENTANWALTSBÜRO; Postfach 768, CH-8029 Zürich (CH).
- (81) Bestimmungsstaaten (*national*): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

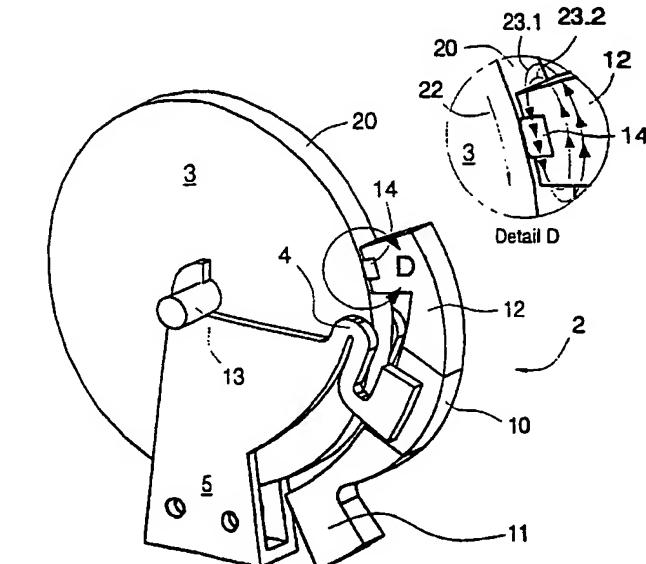
[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: PIEZOELECTRIC DRIVE

(54) Bezeichnung: PIEZOELEKTRISCHER ANTRIEB



**WO 01/41228 A1**



(57) Abstract: The invention relates to a piezoelectric drive (1). Said drive comprises an inducing piezoelectric element (10) and a resonator (2) disposed thereon that is functionally linked with a body (3) to be driven. Said resonator (2) has a mass distribution that is chosen in such a manner that the resonator (2), due to an inducing oscillation by the piezoelectric element (10), depending on the frequency of the inducing oscillation, starts to asymmetrically oscillate in several directions and that these oscillations set the body (3) to be driven in a directed movement via the functional link.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



- (84) **Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen.

**Veröffentlicht:**

- Mit internationalem Recherchenbericht.

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

---

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft einen piezoelektrischen Antrieb (1). Dieser weist ein anregendes Piezoelement (10) und einen an dieses angekoppelten Resonator (2) auf, der mit einem anzutreibenden Körper (3) in Wirkverbindung steht. Der Resonator (2) weist eine Masseverteilung auf, die derart ausgestaltet ist, dass infolge einer anregenden Schwingung durch das Piezoelement (10), abhängig von der Frequenz der anregenden Schwingung, der Resonator (2) asymmetrisch in mehreren Richtungen zu schwingen beginnt und diese Schwingungen über die Wirkverbindung den anzutreibenden Körper (3) in eine gerichtete Bewegung versetzen.

## PIEZOELEKTRISCHER ANTRIEB

Die Erfindung betrifft piezoelektrische Antriebe, piezoelektrische Resonatoren für Antriebe und die Verwendung von piezoelektrischen Antrieben sowie piezoelektrischen Resonatoren gemäss der Definition der Patentansprüche.

- Bestimmte, sogenannte piezoelektrische Materialien lassen sich durch Anlegen einer
- 5 elektrischen Wechselspannung zum mechanischen Schwingen anregen. Dieser physikalische Effekt wird auch umgekehrter piezoelektrischer Effekt genannt. Eine bekannte Anwendung dieses Effektes ist die Verwendung piezoelektrischer Materialien als Schwingungserreger in Resonatoren. Solche piezoelektrischen Resonatoren lassen sich in Antriebe einbauen, um drehbar gelagerte Rotoren anzutreiben.
- 10 Die aus dem Stand der Technik bekannten Antriebe die auf piezoelektrischen Effekten beruhen weisen gravierende Nachteile auf, die eine breite industrielle Verwendung als Antriebe bis heute verhindert haben. Zu den gravierendsten Nachteile gehören eine komplexe Ansteuerung der piezoelektrischen Schwingelemente, eine grosse Verschmutzungsgefahr, sehr geringe mechanische Toleranzen, die einen störungsfreien Betrieb verhindern, ein schlechter Wirkungsgrad. Mit den heute bekannten Lösungen sind zudem nur sehr geringe Drehzahlen mit einem äusserst geringen Drehmoment möglich. Eine Verkleinerung dieser Antriebe, so dass sie beispielsweise als Antriebe in der Mikro- und Medizinaltechnologie oder der Uhrenbranche eingesetzt werden können, ist nur mit sehr grossen Aufwand verbunden, so dass eine
- 15 20 günstige Herstellung nicht möglich ist. Der grosse mechanische Abrieb der bekannt-

ten Anordnungen erfordert zudem die Verwendung besonders harter und daher teurer Werkstoffe, die schwierig zu verarbeiten sind. Nur schon geringe Abriebe bewirken eine Vergrösserung des Spiels und eine Verschmutzung des Antriebs, was unweigerlich zu einem Ausfall nach kurzer Betriebsdauer führt.

- 5 Derartige piezoelektrische Antriebe sind bspw. in den Schriften EP-0,505,848 (fortan EP'848), EP-0,723,213 (fortan EP'213) und FR-2,277,458 (fortan FR'458), sowie der dazu äquivalenten Schrift DE 25 30 045 (fortan DE'045) offenbart.

- EP'848 und EP'213 zeigen mehrteilige, zentral angeordnete piezoelektrische Resonatoren mit zwei bzw. drei Resonatorflügeln. Die Enden der Resonatorflügel weisen 10 Stossflächen zum Anstossen von ringförmig aussenseitig um die Resonatoren angeordneten Rotoren auf. Nachteilig an diesen piezoelektrischen Antrieben ist der Abrieb an den Stossflächen der Resonatorflügel und den Auffangflächen der Rotoren sowie durch Lagerspiel der Rotoren. Der Abrieb hat einen hohen Verschleiss zur Folge, was die Lebensdauer der piezoelektrischen Antriebe verkürzt und ihr potentiell 15elles Einsatzgebiet einschränkt.

- DE'045 (FR'458 entsprechend) beschreibt unterschiedlichste Anordnungen von elektrischen Motoren die auf piezoelektrischen Elementen beruhen. Diese Motoren weisen einen Ständer und einen Läufer auf, wobei mindestens einer von beiden einen 20 Vibrator besitzt, der ein Piezoelement einschliesst. Der Ständer und der Läufer werden an einem auf der Oberfläche des Vibrators liegenden Punkt der Oberfläche mittels einem elastischen Element aneinander gedrückt um ein Moment zu übertragen. Ein Richtungswechsel erfolgt mittels einer Reversiereinrichtung, die dahingehend funktioniert, dass mehrere Vibratoren alternierend verwendet werden. In DE'045 wird erwähnt, dass es bei diesen Motoren mit einem Resonator unmöglich sei die 25 Drehrichtung zu ändern. Eine Änderung der Drehrichtung erfordert zwei Vibratoren

(bspw. Läufer und Stator aktiv). Nachteilig sind zudem die Schläge senkrecht zur Kontaktfläche zwischen Rotor und Stator. Es wird erwähnt dass der Verschleiss bei Motoren, insb. mit mehreren Drehrichtungen, sehr gross ist. Eine Umkehrung der Drehrichtung ist nur sehr aufwendig zu erreichen. Aufgrund der sehr schwierig herzustellenden Teile wird eine entsprechende Konstruktion sehr kostspielig.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung einen piezoelektrischen Antriebe zu zeigen, der einen geringen Verschleiss aufweist, in beliebiger Grösse, insbesondere klein und flach und kostengünstig herstellbar ist. Der Antrieb soll robust im Betrieb, einfach in der Wartung und kräftig in der Leistung sein. Er soll einen breiten Drehzahlbereich in mehreren Drehrichtungen aufweisen und zudem eine einfache Positionsbestimmung ermöglichen. Dieser piezoelektrische Antrieb sollen mit gängigen Standards kompatibel sein.

Diese Aufgabe wird durch die Erfindung gemäss der Definition der Patentansprüche gelöst.

- 15 Piezoelektrische Antriebe basieren in der Regel auf Resonatoren, die in Schwingung versetzt werden. Diese wird wiederum auf einen anzutreibenden Körper übertragen. Die hier offenbare Erfindung basiert auf der Erkenntnis, dass das Schwingverhalten eines piezoelektrisch angeregten Resonators durch gezielte Formgebung und Anordnung in longitudinaler als auch in transversaler Richtung beeinflusst werden kann.
- 20 Ein in einem Mixmodus betriebener piezoelektrisch angetriebener Resonator erlaubt es, aufgrund seiner erfundungsgemässen Formgebung, einen Körper in Bewegung zu versetzen. Je nach Formgebung des Resonators und Anordnung eines oder mehrerer Resonators/en zu einem Körper sind vielfältige Ausführungsformen sowie Verwendungen möglich. Durch die spezielle Ausgestaltung können mehrere dominante
- 25 Schwingungsformen angeregt werden. Durch die spezielle Formgebung ist es mög-

lich, diese so zu wählen, dass die Drehrichtung u.a. abhängig von der Frequenz wählbar ist. Eine Beeinflussung der Rotationsgeschwindigkeit erfolgt vorteilhafter weise über die Höhe der Amplitude. Aufgrund der erfindungsgemässen Ausgestaltung des Resonators ist es zudem möglich schädliche Vibrationen, die den Verschleiss bewirken zu minimieren. Durch eine gezielte Anordnung wird erreicht, dass Abrieb sich nicht negativ auswirkt, resp. kompensiert wird. Der piezoelektrische Antrieb lässt sich zum uni- bzw. bidirektionalem Antreiben von Körpern, wie Wellen und Scheiben, mit nur einem Piezoelement verwenden. Im Gegensatz hierzu erfordern die aus dem Stand der Technik bekannten Anordnungen in der Regel mehrere Schwingquarz, die genau auf einander abgestimmt werden müssen.

In einer vorteilhaften Lösung sorgt eine longitudinale Schwingungskomponente des piezoelektrischen Resonators für ein Antreiben eines Körpers während eine transversale Schwingungskomponente des Resonators einen temporären Druck auf diesen Körper ausübt. Durch den somit erzeugten Druckwinkel können grosse Kräfte auf den anzutreibenden Körper übertragen werden. Der Antrieb weist bei Bedarf eine Selbsthemmung auf, so dass u.a. der Körper gehalten wird. Eine zusätzliche Lagerung der zu bewegenden Teile kann gezielt vermieden werden.

Der erfindungsgemäss piezoelektrische Antrieb weist ein anregendes Element und ein an dieses angekoppelten Resonator auf, der mit einem anzutreibenden Körper in Wirkverbindung steht. Das anregenden Element ist mit Vorteil zwischen zwei Teilen des Resonators angebracht und wirkt mittelbar auf den anzutreibenden Körper. Die durch das anregende Element induzierte Bewegung wird durch den Resonator transformiert und dann auf den anzutreibenden Körper übertragen. Der Resonator weist eine Masseverteilung auf die derart ausgestaltet ist, dass infolge einer anregenden Schwingung durch das anregende Element, abhängig von der Frequenz der anregenden Schwingung, der Resonator asymmetrisch in mehreren Richtungen zu schwingen beginnt. Diese Schwingungen werden über die Wirkverbindung auf den anzutreibenden

den Körper übertragen, so dass dieser in eine gerichtete Bewegung versetzen wird. Die Massenträgheit der schwingenden Elemente wird gezielt ausgenutzt, um vorteilhafte Schwingungsformen zu erzeugen. Durch Anordnung und Ausgestaltung wird erreicht, dass die angeregten Bewegungsformen einen optimierten Antrieb bei minimalem Verschleiss und Materialbelastung erzielen. Mittels verstellbaren Elementen wird erreicht, dass allfällige Verschleisserscheinungen kompensiert und egalisiert werden. Die Resonatoren werden vorteilhafter Weise mit einer Frequenz angeregt, die einer Eigenfrequenz oder einem Vielfachen davon korrespondiert. Ein Resonator weist in der Regel mehrere unterschiedlich und asymmetrisch ausgestaltete Arme auf, die abhängig von der Frequenz der Anregung unterschiedlich schwingen. Durch die Materialwahl und die Masseverteilung wird ebenfalls Einfluss genommen.

Die Bewegungsform der Resonatoren wird so gewählt, dass hohe Resonanzfrequenzen und somit auch hohe Drehzahlen erreichbar sind. Im Unterschied zum Stand der Technik arbeitet der erfundungsgemäße Antrieb mit sehr hohen Frequenzen, wo-  
15 durch auch die Piezoelemente klein gewählt werden können. Die Resonatoren sind derart aufgebaut, dass sie diese Schwingungsmodi zulassen. Der erfundungsgemäße Antrieb ist derart aufgebaut, dass er sehr robust ist und grosse Kühlflächen aufweist. Ein negatives, senkrecht Anschlagen der Piezoelemente auf die Oberfläche des anzutreibenden Teils, insbesondere bevor der Antrieb zu wirken beginnt, wird gezielt  
20 vermieden. Die Masse und deren Verteilung des Resonators und dessen Anpresskraft spielen eine grosse Rolle. Um einen hohen Wirkungsgrad und ein grosses Drehmoment zu erreichen ist es wichtig, dass die antreibenden Elemente möglichst viel Arbeit während der Zeit verrichten.

In einer bevorzugten Anordnung weist der Antrieb einen einzigen piezoelektrischen  
25 Resonator auf mit dem bidirektional angetrieben wird. Dies ermöglicht u.a. eine einfache Ansteuerung des Resonators und piezoelektrischen Antriebes über eine einzige Schwingung mit gleicher Frequenz und Phase. Um beispielsweise einen beson-

ders kleinen Antrieb zu realisieren ist es möglich das piezoelektrische Element, das für die mechanische Anregung zuständig ist, als aktives Element in den Schwingkreis zu integrieren. Dadurch wäre es möglich bei einem Antrieb für ein Uhrwerk auf zusätzliche Schwingquarze zu verzichten. Entsprechende Anordnungen sind auch in  
5 der Medizinaltechnik besonders vorteilhaft.

Ein Verhältnis von Länge zu Breite des Erregers, im piezoelektrisch angetriebenen Resonator, gleich zwei oder einem Vielfachen davon, ist besonders günstig. Der an-  
zutreibende Körper wird mit maximalen Amplituden angetrieben, was einen opti-  
mierten Wirkungsgrad des Antriebes zur Folge hat.

- 10   Der piezoelektrische Antrieb ist bei Bedarf mit Positioniermitteln versehen. Diese sind so ausgestaltet, dass sie ein von aussen messbares Signal verursachen. Bei-  
spielsweise kann über eine wechselnde Anpresskräfte des piezoelektrischen Antrie-  
bes eine Impedanzänderungen erzielt werden, die mess- undzählbar ist. Somit ist  
eine Positionsbestimmung des Körpers möglich, was eine Verwendung des Antriebes  
15   beispielsweise als Schrittmotor erlaubt. Auch in Uhren kann eine entsprechende Po-  
sitionshilfe, z.B. zur Nullstellung der Zeiger, dienlich sein.

- 20   Der Resonator und das anregende Element werden mit Vorteil elastische gegenüber  
dem anzutreibenden Körper mittels einem elastischen Mittel gelagert. Dadurch wer-  
den beim Antreiben des Körpers auftretende Störungen kompensiert. Dies führt u.a.  
zu einer hohen Laufruhe des Antriebes. Auch wird allfälliger Verschleiss durch Ab-  
rieb an den Antriebsflächen und Auffangflächen kompensiert. Das elastische Mittel  
kann beispielsweise als Feder ausgebildet sein. Durch Materialwahl und Anordnung  
kann Einfluss auf das Feder- und/oder Dämpfungsverhalten genommen werden. Das  
elastische Mittel weist mit Vorteil zumindest in einer Richtung eine geringere Elasti-  
25   zität auf, als der wirkverbundene Resonator. Es ist insbesondere so ausgebildet, dass

es keine Bewegungen (Schwingungen) ungewollt überträgt. Das elastische Element und der Resonator können auch einteilig und aus dem selben Material ausgebildet sein. Ihre Funktion wird dann durch die Ausgestaltung und Anordnung definiert. Das elastische Mittel kann ein oder mehrteilig sein. Geeignet sind beispielsweise Federn  
5 aus Metall oder Kunststoffelemente, die bspw. durch Spritzgiessen hergestellt werden.

Der piezoelektrische Antrieb lässt sich sehr flach konstruieren und als Rotationsmotor bzw. Linearmotor verwenden. Die unterschiedlichsten Verwendungen sind möglich. Beispielhafte Verwendungsgebiete sind Uhren, Kameras, Datenspeichern, Mi-  
10 kroskopie-Tische, Tachometern, usw..

Die Resonatoren, die in der Regel mittels piezoelektrischen Elementen angetrieben werden, können besonders vorteilhaft mittels Spritzgiessen hergestellt werden. Die Piezoelemente werden dabei z.B. in die Form gelegt und mittels Kunststoff um- spritzt. Entsprechend ist es möglich eine elastische Lagerung zu integrieren. Eine  
15 andere Variante besteht darin, dass die Teile gepresst und/oder gesintert werden. Auch Kleben oder mechanische Verbindungen führen, abhängig von der Grösse des Antriebs, zum Erfolg.

Die Resonatoren sind vorteilhafter Weise einteilig ausgebildet und weisen eine Form auf, derart dass infolge der Masseverteilung und Anordnung geeignete Schwingungsmuster und Formen angeregt werden. Durch Materialwahl, Ausgestaltung und Lagerung sind die anzuregenden Schwingungsmuster frequenzabhängig einstellbar.  
20 Die Ausgestaltung wird so gewählt, dass abhängig von der Anregungsfrequenz unterschiedliche Schwingungsformen angeregt werden. Dies ermöglicht u.a. dass Richtungswechsel erzeugbar sind. Die Antriebsgeschwindigkeit wird bevorzugt über die Amplitude der Auslenkung eingestellt. Die Trägheit der Masse wird gezielt aus-  
25

- genutzt. Dadurch ist es möglich bei einer gegebenen Anregungsfrequenz unterschiedliche Antriebsgeschwindigkeiten durch Variation der Amplitude zu fahren. Beim Antrieb einer Welle z.B. sind Drehzahlen von einigen wenigen bis zu einigen tausend Umdrehungen pro Minute möglich. Durch die Wahl der Lagerung, resp.
- 5 Aufhängung des Resonators relativ zum anzutreibenden Körper, ist die Anpresskraft, das Haltemoment und weitere Größen einstellbar. Der Resonator weist eine mittel- oder unmittelbare, aktive oder passive Wirkverbindung zum anzutreibenden Körper auf. Die Lagerung des Resonators gegenüber dem anzutreibenden Körper ist derart, dass Verschleiss und Ungenauigkeiten kompensiert werden.
- 10 Die Bewegung der schwingenden Teile eines erfundungsgemässen Antriebs können vereinfacht wie folgt beschrieben werden: Eine durch einen Erreger in einem Resonator hervorgerufene longitudinale Schwingung bewirkt abgeleitete Schwingungsmodi (z.B. die transversalen Modi). Diese stellen sich mit einer gewissen Verzögerung ein, da es u.a. aufgrund der Masseträgheit und der Elastizität des Materials eine gewisse Zeit braucht bis der Resonator in einen anderen Schwingungsmodus übergeht. Mit anderen Worten die Schallgeschwindigkeit in einem Resonator und den angrenzenden Bereichen bestimmt die Verzögerungszeit. Dadurch wird (beim Übergang von einem longitudinalen in einen transversalen Schwingungsmodus durch Überlagerung) eine Schwingungsform ähnlich einer Ellipse ausbildet. Ortsabhängig
- 15 gibt es Bereiche am Resonator die mit unterschiedlicher "Orientierung", abhängig von Frequenz und Amplitude, schwingen. Werden entsprechende Bereiche z.B. mit einem Rotor in Wirkverbindung gebracht, wird eine Kraft auf diesen übertragen, sodass sich dieser entsprechend zu bewegen beginnt. Abhängig u.a. von der Größe des Resonators und der Schallgeschwindigkeit wird ein erfundungsgemässer Antrieb
- 20 typischer Weise mit einer anregenden Frequenz von 50 kHz bis 500 kHz betrieben (Bei entsprechender Dimensionierung sind auch andere Betriebszustände möglich).
- 25

Erreger können aus beliebigem, bekannten piezoelektrischen Materialien wie piezoelektrische Kristalle, Keramiken, Kunststoffe, usw. bestehen. Die Schwingkörper können aus beliebigem Werkstoff, wie Metall, Kunststoff, usw. bestehen. Die Verbindung des/der Erreger mit den Schwingkörpern erfolgt über bekannte kraft-, stoff-  
5 bzw. formschlüssige Mittel. Dem Fachmann stehen bei Kenntnis der vorliegenden Erfindung vielfältige Möglichkeiten der Verbindung vom Erreger mit den Schwingkörpern frei. Bspw. sind Erreger aus Keramik mit Schwingkörpern aus Metall mittels Komponentenkleber verklebt.

Vorteilhaft ist bei gewissen Ausführungsformen ein Verhältnis von Länge zu Breite  
10 des Erregers gleich zwei oder einem Vielfachen davon. Ein solches Verhältnis von Länge zu Breite gleich  $2n$  ( $n=1, 2, 3, \dots$ ) führt zu besonders hohen Amplituden im Erreger.

Die Erfindung wird anhand der folgenden Figuren im Detail beschrieben.

Fig. 1 zeigt eine erste Ausführungsform eines piezoelektrischen Antriebs mit  
15 einem Resonator und einer Kontaktstelle in einer perspektivischen Ansicht,

Fig. 2 zeigt eine zweite Ausführungsform eines piezoelektrischen Antriebs mit  
einem Resonator und zwei Kontaktstellen in einer perspektivischen Ansicht,

20 Fig. 3 zeigt eine dritte Ausführungsform eines piezoelektrischen Antriebs mit  
einem Resonator und zwei Kontaktstellen in einer perspektivischen Ansicht,

- Fig. 4** zeigt eine vierte Ausführungsform eines piezoelektrischen Antriebs mit einem Resonator und zwei Kontaktstellen in einer perspektivischen Ansicht,
- Fig. 5** zeigt eine fünfte Ausführungsform eines piezoelektrischen Antriebs mit drei Resonatoren und sechs Kontaktstellen in einer perspektivischen Ansicht,
- Fig. 6** zeigt eine Ausführungsform eines piezoelektrischen Antriebs für ein Uhrwerk mit zwei Zeigern in einer perspektivischen Ansicht
- Fig. 7** zeigt eine Ausführungsform eines piezoelektrischen Antriebs für eine Welle,  
10
- Fig. 8** zeigt schematisch einen piezoelektrischen Antrieb,
- Fig. 9** zeigt eine weitere Ausführungsform eines piezoelektrischen Antriebs,
- Fig. 10** zeigt eine sandwichartige Anordnung des piezoelektrischen Antriebs gemäss Figur 9.

Figur 1 zeigt schematisch und stark vereinfacht eine perspektivische Ansicht eines piezoelektrischen Antriebs 1 mit einem im Wesentlichen sichelförmigen Resonator 2, einem runden Rotor 3, einem Federelement 4 und einer Haltevorrichtung 5. Der Resonator 2 besteht hier aus einem Piezoelement 10 (anregendes Element) und zwei an diesem stirnseitig angebrachten Schwingkörpern 11, 12. Der Resonator 2 ist mittels dem Federelement 4 an der Haltevorrichtung 5 befestigt. Der Rotor 3 ist um eine Achse 13 an der Haltevorrichtung 5 drehbar gelagert. Der Resonator 2 steht über ein Kontaktelement 14 mit einer Fläche 20 des Rotors 3 in Wirkverbindung. Die Haltevorrichtung 5 und die Achse 13 hier sind hier durch Einschnappen verbunden. Durch Anlegen einer geeigneten Spannung am Piezoelement 10 wird dieses in Schwingung versetzt. Diese wird auf die angekoppelten Schwingkörper 11 und 12 übertragen. Durch die spezielle Ausgestaltung und Lagerung des Resonators 2 wird erreicht, dass die von Piezoelement 10 angeregten, mehrdimensionalen Schwingungen sich derart überlagern, dass das Kontaktelement 14 eine zyklische Antriebsbewegung ausführt, die abhängig von Frequenz und Amplitude auf die Fläche 20 des Rotors 3 übertragen wird. Der Resonator 2 ist derart ausgestaltet, dass sich die Bewegung des Kontaktelements 14 im wesentlichen parallel zur anzutreibenden Oberfläche erstreckt, ohne dieses zu beschädigen. Die Form der Bewegung des Kontaktelementes wird abhängig von der Ausgestaltung der Materialeigenschaften (E-Modul, Dichte, usw.), der Frequenz und Amplitude und der Lagerung, insb. des Rotors 3 eingestellt. Der Rotor 3 beeinflusst die Bewegung des Resonators 2. Dadurch ist es möglich abhängig von den Anforderungen eine optimale Lösung zu finden. Die Abhängigkeit von den verstellbaren Parametern geht soweit, dass die Richtung des Antriebs gezielt variierbar ist. Beispielsweise kann durch Veränderung der Frequenz die Bewegung des Kontaktelementes 14 derart geändert werden, dass die Drehrichtung des Rotors 3 ändert. Das Federelement 4 ist derart ausgestaltet, dass es sich an der Bewegung des Resonators 3 aktiv beteiligt. Die Lagerung des Resonators 2 gegenüber dem Rotor 3 ist so gewählt, dass Veränderungen wie allfälliger Abrieb und thermische Ausdehnungen kompensiert werden. Die Lagerung des Resonators kann auch aktiv ausgebildet werden, derart dass weitere Einflüsse nutzbar sind. Insbesondere wird die Lagerung

mittels Dämpfung unterstützt, so dass die Schwingungsformen gezielt beeinflussbar sind.

Das Piezoelement 10 wird hier durch die beidseits, seitlich angebrachten Federelemente 4 angeregt indem eine elektrische Spannung angelegt wird. Es beginnt da-  
5 durch in Richtung der stirnseitig angebrachten Schwingkörper 11, 12 in einer ersten Schwingung und senkrecht zu diesen in einer zweiten Schwingung zu schwingen und bewirkt, dass der Resonator 2 in eine charakteristische Schwingung versetzt wird. Gleichzeitig überlagern sich Sekundärschwingungen. Das hier im Wesentlichen s-  
förmige Federelement 4 ist dabei so ausgebildet, dass es sich gegenüber der ange-  
10 regten Schwingung neutral verhält und deren Übertragung auf den anzutreibenden Körper unterstützt. Das Federelement 4 ist hier zwischen dem Resonator 2 und der Haltevorrichtung (Chassis) 5 angeordnet und dient zur Halterung und Positionierung des Resonators 2. Das Federelement 4 ist derart ausgestaltet, dass es zumindest in einer Richtung eine erhöhte Flexibilität aufweist, so dass der Resonator in dieser be-  
15 vorzugt bewegt werden kann. Der Resonator 2 ist im Wesentlichen sichelförmig ausgestaltet und weist an definierten Stellen Massekonzentrationen auf. Die Ausgestaltung des Resonators 2 (inkl. dem anregenden Element 10) bewirkt die bevorzugte Antriebsbewegung.

In Detail D sind die Bewegung des Kontaktelementes stark vereinfacht dargestellt.  
20 Die sich infolge der mehrdimensional überlagernden Schwingungen des antreibenden Piezoelementes 10 und durch die Ausgestaltung der Schwingkörper 11 und 12 einstellende Bewegung ist schematisch durch ein Pfeil 23.1 verdeutlicht. Die Geschwindigkeit des Kontaktelementes 14 variiert abhängig vom Ort und der Amplitude der anregenden Schwingung. Durch eine Änderung der Amplitude der anregenden  
25 Schwingung wird die Geschwindigkeit eingestellt. Eine sich infolge einer kleineren Amplitude einstellende Schwingung ist schematisch durch ein Pfeil 23.2 dargestellt.

Die Bewegung des Resonators um die Achse 13 ist schematisch durch ein Pfeil 20 dargestellt.

Bei der hier gezeigten Anordnung lässt sich der Rotor 3 sehr einfach einklinken. Er wird durch den über das Federelement 4 positionierten Rotor 2 festgehalten.

- 5      Figur 2 zeigt schematisch und stark vereinfacht eine weitere Ausführungsform eines Antriebs 1. Die einzelnen Teile entsprechend weitgehend denen von Figur 1, weshalb diese nicht nochmals im Detail erläutert werden. Der gekrümmte Resonator 2 weist neben einem piezoelektrischen Element 10, zwei t-, resp. l-förmig ausgebildete Schwingkörper 11, 12 auf, die stirnseitig an das piezoelektrische Element 10 anschliessen und je ein Kontaktelement 14, 15 aufweisen. Diese Kontaktelemente 14, 10 15 stehen in Wirkverbindung mit der Fläche 20 des Rotors 3. Das hier s-förmige Federelement 4 ist an einer dem Rotor 3 zugewandten Seite des Piezoelements 10 angebracht. Es dient als elastische Halterung des Resonators 2 gegenüber der Haltevorrichtung (Chassis) 5 und zur Übertragung der Reaktionskräfte die aufgrund der auf 15 den Resonator 2 übertragenen Antriebsbewegung entstehen. Das Federelement 4 ist so ausgestaltet, dass es die Wirkverbindung zwischen den Kontaktelementen 14, 15 und dem Rotor 3 garantiert. Das Federelement 4 weist eine erhöhte

- 20     Die Anregung des Piezoelements 10 mit einer Versorgungsspannung erfolgt hier über separate Anschlüsse (nicht näher dargestellt). Das Piezoelement beginnt durch in Richtung der stirnseitig angebrachten Schwingkörper 11, 12 und senkrecht dazu zu schwingen.

Der Rotor 3 weist entlang seinem Umfang Elemente, hier in Form von beabstandeten Vertiefungen 24, auf. Diese Elemente 24 dienen hier zur Erzeugung eines Zählim-

pulses, so dass die Position des Rotors feststellbar ist. Die Elemente 24 sind derart ausgestaltet, dass vorzugsweise im Resonator 2, bspw. im piezoelektrischen Element 10, eine Veränderung einer messbaren Grösse, hervorgerufen wird. Bei dieser kann es sich um eine Impedanzänderung handeln, die von aussen festgestellt und analysiert werden. Anstelle der Vertiefungen sind auch andere Mittel denkbar zu einem äquivalenten Resultat führen (bspw. spez. Formen des Resonators). Die Positioniermittel 24 sind so ausgestaltet, dass sie die Funktionsweise des Antriebs nicht negativ beeinträchtigen und dass durch die Veränderung einer messbaren Grösse, insb. von Impedanzänderungen, die Position eines Körpers (3) bestimmbar ist. Das maximale Antriebsmoment kann durch die Dimensionierung der Teile bestimmt werden. Wird bspw. der Durchmesser des Rotors 3 vergrössert, nimmt das Antriebsmoment zu. Das Haltemoment ist mittels dem Element 4 und über die Reibung einstellbar. Zusätzliche Elemente zum Vergrössern des Halte- oder Antriebsmoments sind bei Bedarf möglich. Der Antrieb 1 kann beispielsweise auch mit einem Getriebe gekoppelt sein, um speziellen Anforderungen gerecht zu werden.

**Figur 3** zeigt eine weitere Ausführungsform des Antriebs 1. Der Antrieb weist einen annähernd u-förmigen Resonator 2 mit zwei unterschiedlich dicken Schwingkörpern 11, 12 auf, die stirnseitig an einem Piezoelement 10 angeschlossen sind. Die Schwingkörper stehen mit einer Mantelfläche 20 eines Rotors 3 in Wirkverbindung, indem sie mit dieser seitlich, im Wesentlichen tangential, in Berührung stehen. Der Resonator 2 ist an einer Haltevorrichtung 5 befestigt, so, dass dessen Antriebsbewegung nicht negativ behindert wird. Mit der Art und Weise der Befestigung wird auf die Schwingform des Resonators 2 Einfluss genommen werden. Das Piezoelement 10 wird hier, anhängig vom verwendeten Typ, entweder im Bereich der Stirnseiten oder an den freien Seitenflächen angeregt, so dass es in Richtung der stirnseitig gebrachten Schwingkörper zu schwingen beginnt. Aufgrund der Ausgestaltung und Anordnung des Resonators 2 überlagern sich Sekundärbewegungen, welche in einer gerichteten Antriebsbewegung resultiert.

- Der Rotor drei ist um eine Achse 13 drehbar an der Haltevorrichtung 5 gelagert. Die Welle 13 ist in der hier gezeigten Ausführungsform im Zentrum des Rotors 3 angeordnet. Die Anzahl der Schwingkörper 11, 12 ist nicht auf zwei beschränkt und wird den Anforderungen gerecht bestimmt. Abweichend von den hier dargestellten Ausführungsformen sind auch Lösungen denkbar, bei denen z.B. mehr als ein Rotor 3 antreibbar ist. Es sind auch Resonatoren 2 mit mehr als einem Erreger und mit mehr als zwei Schwingkörpern 11, 12 realisierbar. Bspw. besteht der Resonator 2 aus einer Vielzahl von Erregern bzw. Schwingkörpern 11, 12, die in einer Multilayeraufbau vorliegen.
- 10 Die Schwingkörper 11, 12 sind so ausgestaltet, dass sie frequenzabhängig den Rotor 3 antreiben. Die Geschwindigkeit wird vorteilhafter weise über die Amplitude bestimmt. Dem Fachmann ist es bei Kenntnis der hier offenbarten Erfindung möglich entsprechende Lösungen zu finden. Bei anderen Ausführungsformen kann die Achse 13 derart exzentrisch gegenüber dem Rotor 3 angeordnet sein, dass im Piezoelement 10 eine positionsabhängige messbare Veränderung hervorgerufen wird. Die Form des Rotors 3 ist nicht zwingend kreisrund, sondern kann z.B. oval ausgestaltet sein, um eine entsprechende Veränderung hervorzurufen. Das Piezoelement 10 kann auch über mehr als ein Anschlusspaar für die Anregung von Schwingungen verfügen. Die hier als ortsfest ausgebildeten Teile können selbstverständlich auch beweglich angeordnet werden. Entsprechendes gilt für die beweglichen Teile. Bspw. ist es möglich die Resonatoren auch in einen Rotor zu integrieren, resp. nicht ortsfest anzutragen.

Figur 4 zeigt schematisch und stark vereinfacht eine weitere Ausführungsform des Antriebs 1. Ein Rotor 3 ist hier als ringförmiger Hohlläufer ausgebildet und nur durch zwei unterschiedlich lange Schwingkörper 11, 12 gelagert, welche im Kontaktbereich im Wesentlichen tangential zu diesem verlaufen. Die Schwingkörper 11, 12 sind stirnseitig an zwei gegenüber liegenden Flächen eines Piezoelement 10 angebracht und bilden zusammen mit diesem einen u-förmigen Resonator 2. Eine Halte-

vorrichtung 5 ist hier mit dem Resonator 2 wirkverbunden und dient zu dessen Lagerung. Die Schwingkörper 11, 12 sind derart ausgebildet, dass sie infolge einer mechanischen Anregung durch das Piezoelement 10 und in Verbindung mit dem Rotor 3 antizyklisch schwingen. Die Schwingkörper 11, 12 weisen gegenüber dem Rotor 3 eine gewisse Vorspannung auf, wodurch dieser gehalten und die Antriebsbewegung auf übertragen wird. Longitudinale Schwingungskomponenten im Resonator 2 treiben den Rotor 3 tangential an, transversale Schwingungskomponenten üben u.a. einen haltenden und zentrierenden Druck auf den Rotorkörper aus. Der Rotor 3 wird durch elastische Mittel gehalten. Grosse Haltekräfte sind möglich, so dass keine weiteren bspw. externen Lager zum Lagern notwendig sind. Das übermittelte Drehmoment kann sehr gross sein, da der Schrittinkel des Rotorkörpers pro Schwingung sehr klein ist. Bspw. beträgt der Schrittinkel 0.01°.

Figur 5 zeigt schematisch und stark vereinfacht einen Antrieb 1 mit drei gekrümmten Resonatoren 2.1, 2.2, 2.3. Es handelt sich bei dieser Ausführungsform im Wesentlichen um die Parallelschaltung von drei Resonatoren gemäss Figur 2, wodurch eine Erhöhung der Antriebsleistung erreicht wird. Die drei Resonatoren 2.1, 2.2, 2.3 weisen hier alle je ein Piezoelement 10.1, 10.2, 10.3 auf, das stirnseitig an zwei im wesentlich parallel gegenüberliegenden Seiten mit je einem Schwingelement 11.1, 11.2, 11.3, 12.1, 12.2, 12.3 verbunden ist. Die Schwingelemente sind hier gekrümmte und l-förmig ausgestaltet, so dass sie eine Masseverteilung aufweisen, welche zum gewünschten Schwingverhalten führt. Bei den drei Resonatoren handelt es sich hier um drei funktional unabhängige Antriebe.

Die Resonatoren 10.1, 10.2, 10.3 sind mittels Federelementen 4.1, 4.2, 4.3 an einer hier ringförmigen Haltevorrichtung 5 federnd befestigt. Ein hier ringförmiger Rotor 3 wird durch die Resonatoren 2.1, 2.2, 2.3 zentrisch gelagert. Durch eine Anregung beginnen die Piezoelemente 10.1, 10.2, 10.3 und die mit ihnen wirkverbundenen Schwingkörper mehrdimensional zu schwingen. Diese Schwingungen überlagern

sich und werden auf den Rotor 3 übertragen, wodurch dieser in Bewegung versetzt wird. Aufgrund der u.a. kompensierend wirkenden Lagerung durch die Federelemente 4.1, 4.2, 4.3 werden Spiel und Abrieb vermieden. Die Federelemente 4.1, 4.2, 4.3 sind derart ausgebildet, dass sie u.a. negative Schwingungen dämpfen, resp. sich 5 diese nicht negativ auf andere Bauteile auswirken. Durch die hier gezeigte elastische Lagerung des Rotors 3 ist der Antrieb besonders unempfindlich gegen stossartige Belastungen.

Figur 6 zeigt zwei hintereinander angeordnete Antriebe 1.1, 1.2 gemäss Figur 5. Diese dienen hier beispielhaft zum Antreiben von zwei Zeigern 30, 31, so wie sie in 10 Uhren, insb. Armbanduhren, oder anderen Anzeigegeräten zum Einsatz kommen. Der erste Antrieb 1.1 weist eine Achse 28 auf, die durch den zweiten Antrieb 1.2 hindurchragt und zur Lagerung des ersten Zeigers 30. Der zweite Antrieb 31 weist eine entsprechend durchgängig ausgebildete Achse 29 auf, die zur Lagerung des zweiten Zeigers 31 dient. Durch die hier gezeigte Anordnung sind zwei Zeiger, wie 15 sie beispielsweise in Uhren vorkommen unabhängig ansteuerbar. Durch die Ausbildung des Antriebes sind kein Getriebe und keine anderen mechanischen Teile erforderlich. Die Zeiger sind zudem gegen Stöße und andere mechanische Belastungen geschützt. Die Antriebe sind sehr klein ausführbar. Aufgrund der flachen Bauweise ist es möglich sie hintereinander an zu ordnen. Sie weisen untereinander keine negativen Einflüsse und Störungen auf. Aufgrund der sehr hohen Schwingfrequenz ist der 20 Antrieb praktisch geräuschlos. Zwei Vertiefungen 25, 26 dienen hier als Positioniermittel von zwei Rotoren 3.1, 3.2 auf. Die Vertiefungen 25, 26 sind derart ausgebildet, dass sie in einem oder in allen Resonatoren 2.1, 2.2, 2.3 eine messbare Veränderung vorzugsweise im Verhalten der Piezoelemente 10.1, 10.2, 10.3 hervorrufen. 25 Diese ist von aussen messbar und dient zum Positionieren der Zeiger 30, 31. Anstelle der Vertiefungen 30, 31 können auch andere Positioniermittel verwendet werden. Beispielsweise ist die Form der Resonatoren 3.1, 3.2 entsprechend wählbar.

Figur 7 zeigt schematisch und stark vereinfacht eine weitere Ausführungsform eines Antriebs 1. Der Antrieb 1 wirkt hier auf eine Welle 35. Resonatoren 2.4, 2.5, 2.6, 2.7 sind um die Welle 35 angeordnet und stehen mit dieser in Wirkverbindung. Die Resonatoren 2 sind mittels Federelementen 4 an einer hier ringförmigen Haltevorrichtung 5 befestigt und weisen je ein Piezoelement 10 mit zwei angekoppelten Schwingkörpern 11, 12 auf. Die Resonatoren 2 sind hier im Wesentlichen parallel geschaltet und würden auch als funktionell unabhängige Antriebe arbeiten. Durch die parallele Anordnung wird eine Erhöhung der Leistung erreicht. Durch die Veränderung der Anregungsfrequenz wird auf die Richtung der Bewegung Einfluss genommen. Über die Amplitude der anregenden Schwingung wird die Geschwindigkeit gesteuert. Durch entsprechend angeordnete Resonatoren (nicht näher dargestellt) ist es auch möglich neben einer axialen Verschiebung, eine Verschiebung in Umfangsrichtung zu erzielen. Die Anzahl und Anordnung der Resonatoren 2 ist nicht fix und kann den Anforderungen gerecht optimiert werden. Bei Bedarf ist es auch sinnvoll mehrere Resonatoren in unterschiedlicher Richtung vorzusehen, so dass eine Richtungsunabhängigkeit erzielt wird.

Elektrischen Anschlüsse für die Speisespannung sind aus Gründen der Übersichtlichkeit in den Figuren nicht eingezeichnet. Bei Verwendung von elektrisch leitenden Resonatorelementen wie bspw. Metall können die Resonatorelemente selbst die elektrischen Anschlüsse bilden. Durch Anlegen einer elektrischen Wechselspannung wird ein Resonator zu mechanischen Schwingungen angeregt. Bspw. wird ein Resonator mit einer sinusförmigen Wechselspannung von 0.1 V und bei einer Frequenz 200 kHz angeregt. Dies ermöglicht die Verwendung vom Resonator und von bspw. im Multilayeraufbau angeordneten Erregern in batteriebetriebenen Geräten wie bspw. in Uhren. Aufgrund der erfundungsgemäßen Form des Resonators breiten sich die mechanischen Schwingungen im Resonator unterschiedlich aus. Dies führt zu sich überlagernden longitudinal- als auch transversal Schwingungen.

Figur 8 zeigt stark vereinfacht ein schematisches Funktionsmodell eines erfindungsgemässen Piezomotors 1. Der hier gezeigte Motor 1 weist einen Resonator 2 auf, an dem ein Piezoelement 10 angekoppelt ist. Das Piezoelement 10 dient als Erreger und steht in Wechselwirkung mit dem Resonator 2, resp. ist ein Teil davon. Ein elastisches Element 6, hier in der Form einer mehrfach gekrümmten, in einer Richtung dünnen Feder, dient zur Lagerung des Resonators 2 gegenüber einer Haltevorrichtung 5. Das elastische Element 6 ist derart ausgebildet, dass es gegenüber Bewegungen parallel zu einer x/y-Ebene bevorzugt elastisch ist. Allfälliger Abrieb und Spiel, sowie ungewollte Ausdehnungen werden so kompensiert. Der Resonator 2 weist eine asymmetrische Masseverteilung auf. Der Verständlichkeit halber wird dies hier vereinfacht durch Bereiche 10, 16, 17, 18 mit Massekonzentrationen verdeutlicht (Das Piezoelement 10 stellt hier ebenfalls ein Bereich mit Massekonzentration dar welcher die Form der angeregten Schwingungen beeinflusst). Die Bereiche mit Massekonzentration 10, 16, 17, 18 sind über Übertragungsbereiche 7, 8, 9, deren Masse und Trägheit in diesem Modell als vernachlässigbar angenommen wird, wirkverbunden. Die Übertragungsbereiche 7, 8, 9 sind hier in z-Richtung dicker ausgestaltet. Dadurch wird erreicht, dass sich der Resonator bevorzugt in der x/y-Ebene bewegt.

Die Wirkverbindungen, schematisch dargestellt durch Pfeile 48, 49, zwischen den Bereichen mit Massekonzentration 10, 16, 17, 18, sind so dass sich die Bewegungen der Bereiche mit Massekonzentrationen 10, 16, 17, 18 gezielt überlagern und beeinflussen. Der Resonator schwingt hier wie schon oben erwähnt bevorzugt in der x/y-Ebene. Sekundärschwingungen sind möglich. Insbesondere die Trägheit der Massen, die Elastizität des Materials, die Dämpfung und die Schallgeschwindigkeit spielen eine signifikante Rolle. Der Resonator 2 weist als ganzes bevorzugte Schwingungsformen auf. Die Bereiche mit Massekonzentration 10, 16, 17, 18 sind derart angeordnet, dass eine Schwingung, die in einer Richtung angeregt wird, zur Folge hat, dass eine Schwingung in einer anderen Richtung angeregt werden. Durch dieses Wirkprinzip wird erreicht, dass mittels einem anregenden Piezoelement 10 mehrere Antriebsrichtungen erzeugbar sind. Die Richtung der anregenden Schwingung wird

gezielt ausgenutzt, indem das Piezoelement entsprechend seiner Vorzugsrichtung angeordnet wird. Zudem wird erreicht, dass sich als Gesamtheit charakteristische (stehende) Schwingungsformen ausbilden, die mit der Frequenz und der Amplitude der Anregung gezielt einstell- und veränderbar sind so dass sie in einer antreibenden Bewegung resultieren. Diese antreibende Bewegung ist ortsabhängig und wird hier mittels einem geeignet angeordneten Kontaktelement 14 gezielt auf einen anzutreibenden Rotor 3 übertragen. Die Antriebsrichtungen des Rotors werden schematisch durch Pfeile 36, 37 dargestellt. Das Lagerelement 6 ist derart ausgestaltet, dass es die Schwingungsformen des Resonators 2 unterstützt oder zumindest nicht negativ beeinflusst. Spiel und Abrieb werden bei einer solchen Anordnung kompensiert. Die Bewegungen des Resonators 2 sind hier der Einfachheit halber auf die Bereiche mit Massekonzentration beschränkt mittels Pfeilen 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46 schematisch und stark verallgemeinert dargestellt. Pfeil 40 stellt schematisch die anregende Schwingung dar. Die sich effektiv einstellende resultierende Bewegung (Überlagerung der Bewegungen dargestellt durch die Pfeile 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46) wird durch die Ausgestaltung (insb. Masseverteilung) des Resonators 2 und dessen Lagerung, resp. Dämpfung bestimmt. Die antreibende Bewegung des Resonators 2 ist über die anregende Frequenz derart einstellbar, dass die Antriebsrichtung gewechselt werden kann. Der Resonator 2 ist derart ausgestaltet, dass durch eine Erhöhung oder eine Erniedrigung der anregenden Frequenz eine andere Schwingungsform (kann in gewissen Fällen auch mit stehenden Wellen verglichen werden) einstellbar ist, so dass sich die Antriebsbewegung des Kontaktelementes 14 ändert. Die Wirkverbindung zwischen dem Kontaktelement 14 und dem Rotor 2 ist so gewählt, dass sie die Bewegung des Rotors nicht negativ beeinflusst. Der Resonator und die angrenzenden Teile werden bei Bedarf einteilig hergestellt. Wie in den oben beschriebenen Ausführungsformen dargestellt, ist es möglich mehr als ein antreibender Berührungspunkt zwischen dem Resonator 2 und dem anzutreibenden Körper zu realisieren. Eine entsprechend günstige Ausgestaltung des Resonators 2 ermöglicht dies. Durch entsprechende Wahl der Masseverteilung und Interaktion treiben mehrere Kontaktbereiche des Resonators 2 den Rotor 3 in der selben Richtung an. Durch eine geeignete Ein-

stellung der anregenden Frequenz wird die Richtung des Antriebs bestimmt. Durch die Amplitude der anregenden Schwingung lässt sich die Geschwindigkeit gezielt einstellen. Bei Kenntnis der hier offenbarten Erfindung ist es dem Fachmann möglich alternative Anordnungen und Ausgestaltungen von Resonatoren entsprechend zu schaffen.

Figur 9 zeigt stark vereinfacht und schematisch eine weitere Ausführungsform eines piezoelektrischen Antriebs 1. Zu erkennen sind ein Piezoelement 10 das zwischen zwei flachen, im Querschnitt pyramidenstumpfartigen Schwingkörpern 11, 12 angekoppelt ist. Die Schwingkörper 11, 12 sind hier nicht mehr stirnseitig am Piezoelement 10 angebracht, sondern seitlich von diesem. Der Resonator 2 ist über Federelemente 4.1, 4.2 gelagert (Die andere Seite der Lagerung ist nicht näher dargestellt). Die Schwingkörper sind hier mit einem Rotor 3 in Wirkverbindung, der um eine Achse 47 drehbar gelagert ist. Die beiden Schwingkörper 11, 12 sind elektrisch leitend ausgebildet und dienen zur Ansteuerung des Piezoelements 10. Die Schwingungen des Piezoelements 10 in Längsrichtung und senkrecht dazu, werden auf die Schwingkörper 11, 12 übertragen. Die Schwingkörper beeinflussen und transformieren dieser Bewegungen und übertragen sie auf den Rotor 3, derart, dass sich dieser um die Achse 47 dreht. Dieser Antrieb eignet sich auch als Linierantrieb.

Figur 10 zeigt eine mögliche Anordnung von Schwingkörpern 11.1, 11.2, 11.3, 12.1, 20 12.2 und Piezoelementen 10.1, 10.2, 10.3, 10.4 gemäss Figur 9. Die Schwingkörper 11.1, 11.2, 11.3, 12.1, 12.2 und die Piezoelemente 10.1, 10.2, 10.3, 10.4 sind hier abwechselungsweise parallel angeordnet und unterstützen sich gegenseitig in ihrer Wirkung. Durch eine solche Anordnung werden die übertragbaren Kräfte vergrößert. Bei einer Parallelschaltung ist, im Unterschied zum Stand der Technik, in der 25 Regel keine separate Ansteuerung jedes Piezoelements erforderlich. Dadurch kann der Motor mit geringem Aufwand betrieben werden.

## PATENTANSPRÜCHE

1. Piezoelektrischer Antrieb (1) mit einem anregenden Piezoelement (10) und einem an dieses angekoppelten Resonator (2), der mit einem anzutreibenden Körper (3) in Wirkverbindung steht, wobei der Resonator (2) eine Masseverteilung derart ausgestaltet aufweist, dass infolge einer anregenden Schwingung durch das Piezoelement (10), abhängig von der Frequenz der anregenden Schwingung, der Resonator (2) asymmetrisch in mehreren Richtungen (x,y,z) zu schwingen beginnt und diese Schwingungen über die Wirkverbindung den anzutreibenden Körper (3) in eine gerichtete Bewegung versetzen.  
5
2. Piezoelektrischer Antrieb (1) gemäss Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Resonator (2) eine asymmetrische Form aufweist und sowohl in einem longitudinalen- als auch in einem transversalen Modus schwingt.  
10
3. Piezoelektrischer Antrieb (1) gemäss einem der vorangehenden Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der piezoelektrische Antrieb (1) nur ein Piezo-element (10) aufweist.
- 15 4. Piezoelektrischer Antrieb (1) gemäss einem der vorangehenden Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Piezoelement (10) Seitenflächen und mindestens eine Stirnfläche aufweist, welche Seitenflächen mit einem Element (4) elektrisch leitend verbunden sind und welche Stirnfläche mit einem Resonator (2) wirkverbunden ist, derart, dass das Piezoelement (10) durch Anlegen einer elektrischen Spannung an den Seitenflächen zum Schwingen in Richtung der Stirnflächen angeregt und der wirkverbundene Resonator (2) dadurch zum Schwingen angeregt wird.  
20

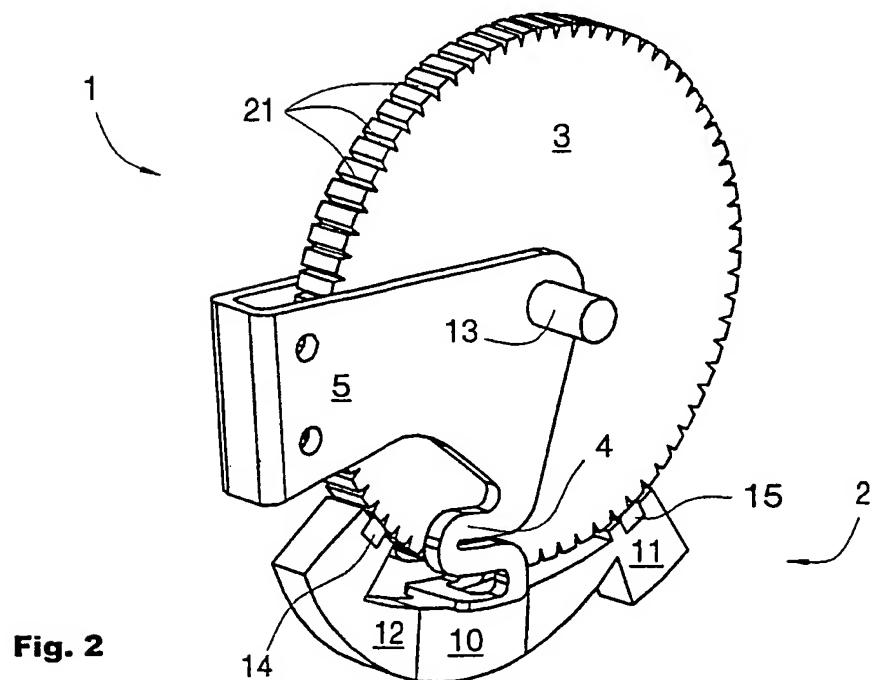
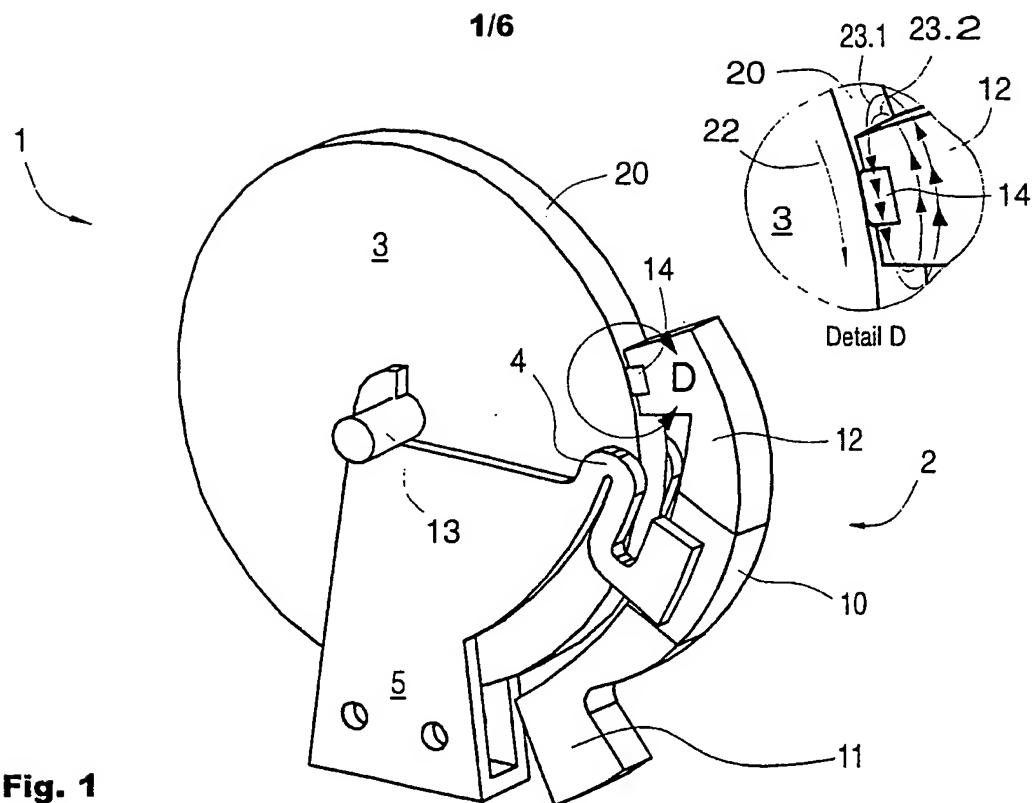
5. Piezoelektrischer Antrieb (1) gemäss einem der vorangehenden Patentansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass die Geschwindigkeit des angetriebenen Körpers  
(3) durch die Amplitude des anregenden Piezoelementes (10) einstellbar ist.
6. Piezoelektrischer Antrieb (1) gemäss einem der vorangehenden Patentansprüche,  
5 dadurch gekennzeichnet, dass die Richtung der Bewegung des angetriebenen  
Körpers (3) durch die Frequenz des anregenden Piezoelementes (10) einstellbar  
ist.
7. Piezoelektrischer Antrieb (1) gemäss einem der vorangehenden Patentansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass der Resonator (2) aus einem Piezoelement (10)  
10 und einem damit wirkverbundenen Schwingkörper (11, 12) besteht.
8. Piezoelektrischer Antrieb (1) gemäss einem der vorangehenden Patentansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass der Resonator (2) durch ein Federelement (4, 6)  
elastisch gelagert ist.
9. Piezoelektrischer Antrieb (1) gemäss einem der vorangehenden Patentansprüche,  
15 dadurch gekennzeichnet, dass der Resonator (2) gegenüber dem anzutreibenden  
Körper (3) mehrere Wirkverbindungen (14) aufweist.
10. Piezoelektrischer Antrieb (1) gemäss einem der vorangehenden Patentansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass der anzutreibende Körper (3) ein Rotor (3) ist.

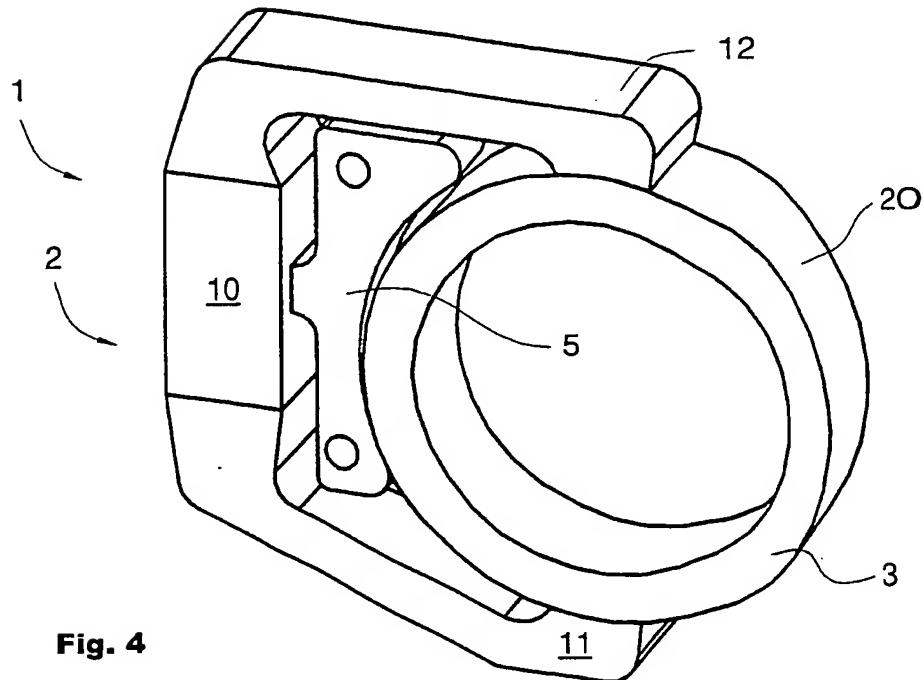
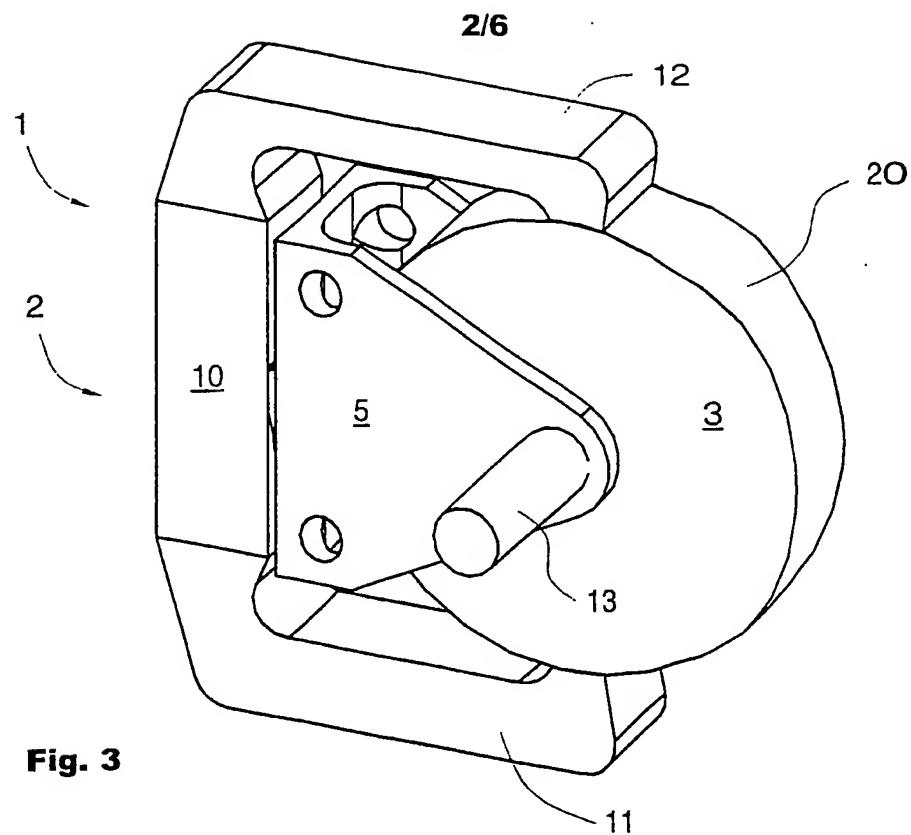
11. Piezoelektrischer Antrieb (1) gemäss einem der vorangehenden Patentansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass die Schwingkörper (11, 12) aus elektrisch leitendem bzw. abriebsfestem bzw. thermisch leitendem Material sind.
  
12. Piezoelektrischer Antrieb (1) gemäss einem der vorangehenden Patentansprüche,  
5       **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Resonatoren (2) sichelförmig gestaltet ist.
  
13. Piezoelektrischer Antrieb (1) gemäss einem der vorangehenden Patentansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass ein elastisches Mittel (4, 6) zur Kompensation von Verschleiss vorgesehen ist.
  
14. Piezoelektrischer Antrieb (1) gemäss einem der vorangehenden Patentansprüche,  
10      **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Positioniermittel (24) eine Veränderung einer messbaren Grösse, insb. einer Impedanzänderungen, erzeugt, derart dass eine Position eines Körpers (3) bestimmbar ist.
  
15. Piezoelektrischer Antrieb (1) gemäss einem der vorangehenden Patentansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass mehrere Piezoelemente (10.1, 10.2, 10.3) und  
15      parallel geschaltet sind.
  
16. Verfahren zum Antreiben eines Körpers, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein piezoelektrisches Element (10) in eine erste und/oder eine zweite Schwingung versetzt wird, dass diese erste und/oder zweite Schwingung auf einen wirkverbundenen Resonator (2) übertragen wird, wobei dieser so in eine mehrdimensionale Schwingung versetzt wird, dass sich in bestimmten Zonen des Resonators (2) eine charakteristische, insb. elliptische Bewegung ausbildet und dass diese charak-  
20      teristische Bewegung in einem Bereich des Resonators (2) abgebaut wird.

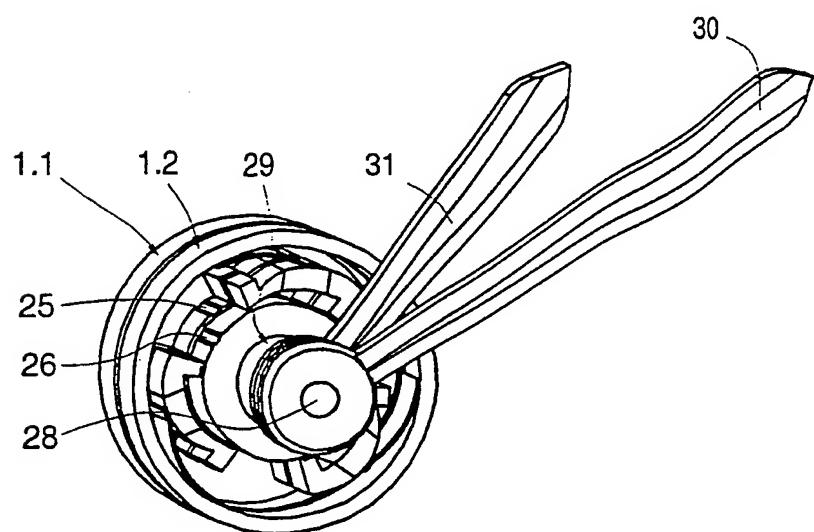
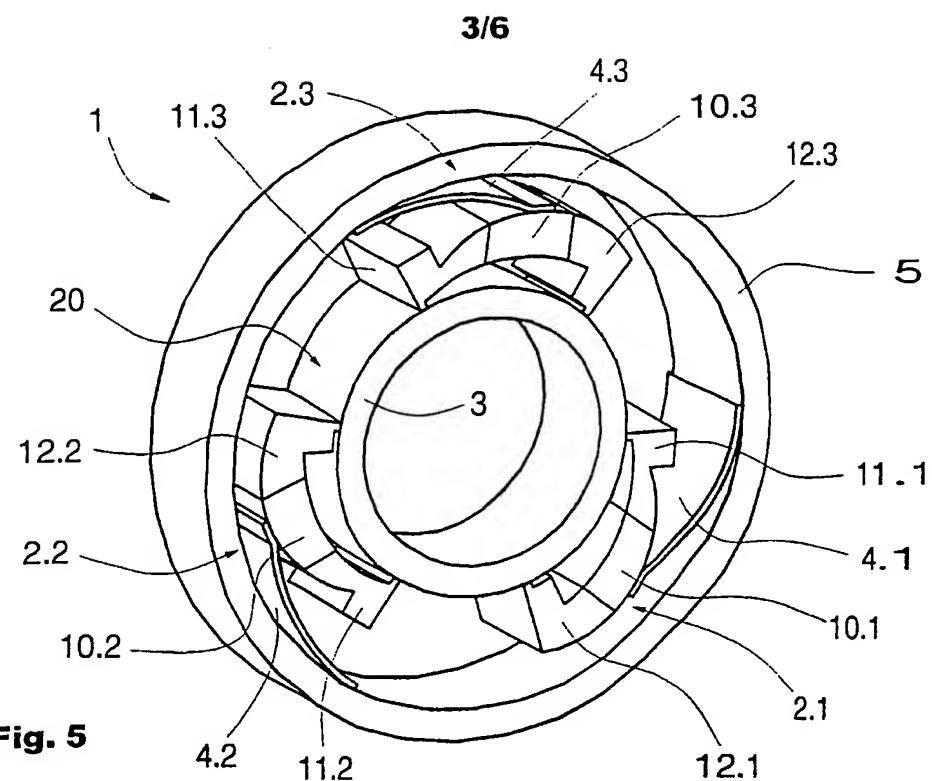
teristische Bewegung auf einen anzutreibenden Körper (3) übertragen wird, so dass dieser in eine gerichtete Bewegung versetzt wird.

17. Verwendung eines Antriebes (2) gemäss Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass er schrittweise bzw. kontinuierlich Körper in Uhren, Kameras, Datenspeichern, Mikroskopie-Tischen bzw. Tachometern.

5

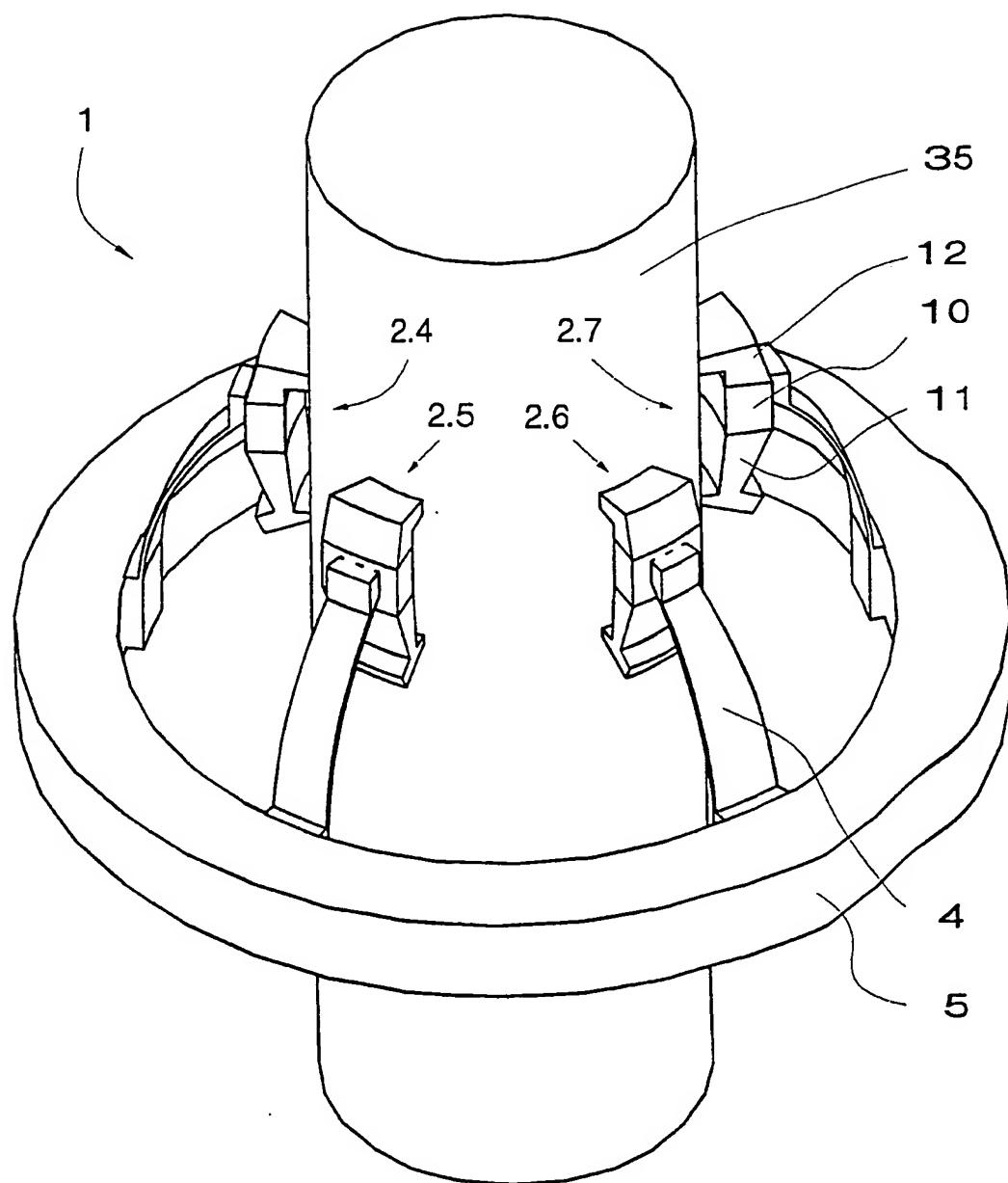




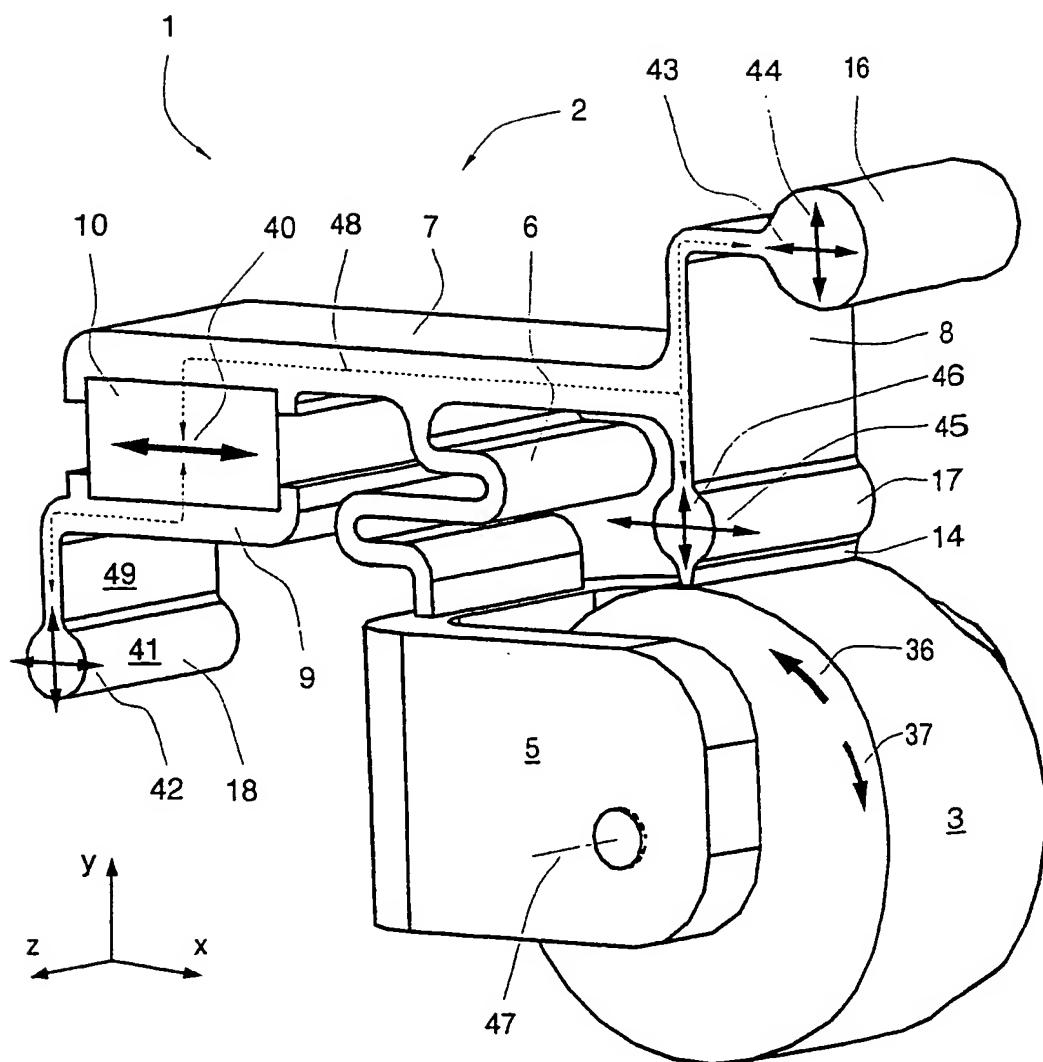


**Fig. 6**

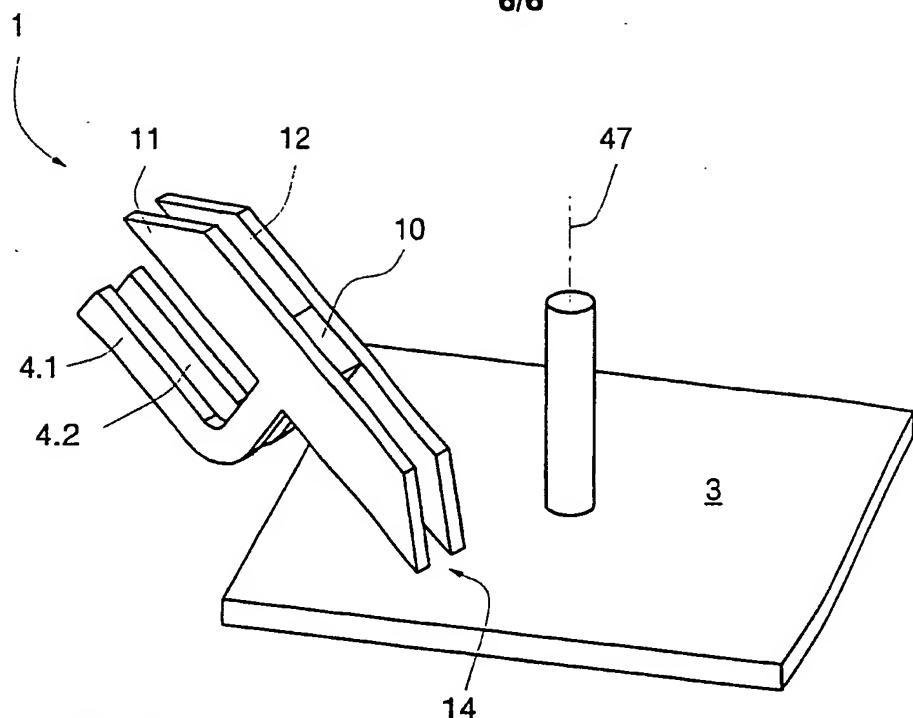
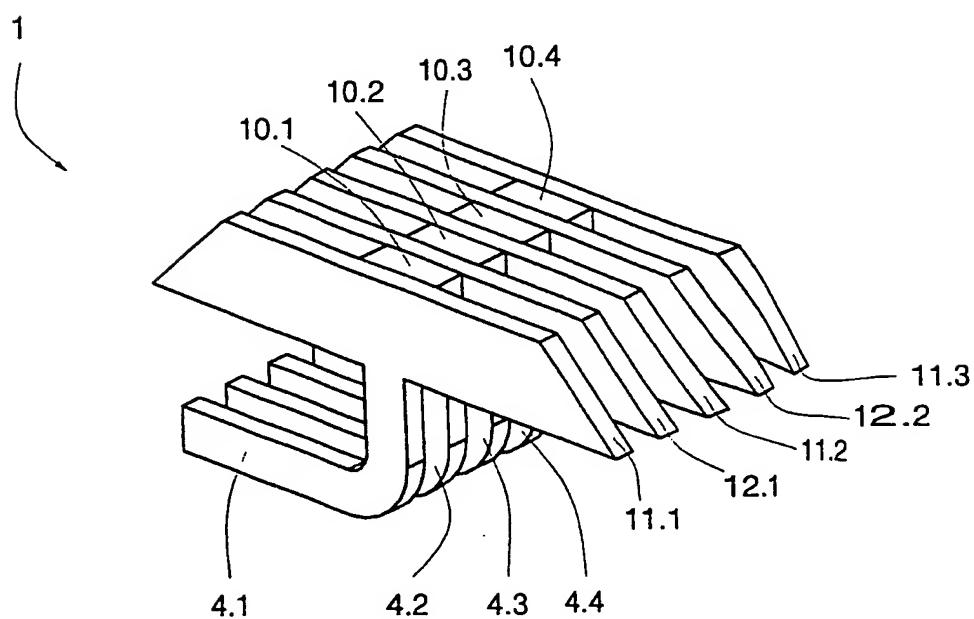
4/6

**Fig. 7**

5/6

**Fig. 8**

6/6

**Fig. 9****Fig. 10**

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

I. International Application No  
PCT/CH 00/00636

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

IPC 7 H01L41/09 H02N2/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01L H02N G04C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 39 20 726 A (OLYMPUS OPTICAL CO LTD) 4 January 1990 (1990-01-04)	1,2,6,7, 9,10,16 3,5,8, 11,13
A	column 3, line 11 -column 8, line 44; figures 1-8 ---	
X	EP 0 505 848 A (ETA SA FABRIQUES D'EBAUCHES) 30 September 1992 (1992-09-30) cited in the application	16
A	page 3, line 27 -page 5, line 17; figures ---	1,3,5, 7-11,17

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 April 2001

Date of mailing of the international search report

02/05/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Köpf, C

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/CH 00/00636

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)			Publication date
DE 3920726	A 04-01-1990	JP JP JP JP JP US	2013280 A 2055584 A 2605121 B 2119580 A 2119581 A 5162692 A		17-01-1990 23-02-1990 30-04-1997 07-05-1990 07-05-1990 10-11-1992
EP 0505848	A 30-09-1992	CH CN DE DE JP JP KR US	680487 A 1065361 A,B 69204332 D 69204332 T 2905835 B 6225551 A 236492 B 5296776 A		15-09-1992 14-10-1992 05-10-1995 25-04-1996 14-06-1999 12-08-1994 15-01-2000 22-03-1994

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

I. nationales Aktenzeichen  
PCT/CH 00/00636

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 H01L41/09 H02N2/12

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )  
IPK 7 H01L H02N G04C

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X A	DE 39 20 726 A (OLYMPUS OPTICAL CO LTD) 4. Januar 1990 (1990-01-04)  Spalte 3, Zeile 11 -Spalte 8, Zeile 44; Abbildungen 1-8 ----	1,2,6,7, 9,10,16 3,5,8, 11,13
X A	EP 0 505 848 A (ETA SA FABRIQUES D'EBAUCHES) 30. September 1992 (1992-09-30) in der Anmeldung erwähnt  Seite 3, Zeile 27 -Seite 5, Zeile 17; Abbildungen -----	16  1,3,5, 7-11,17

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- \*'A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*'E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*'L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*'O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*'P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- \*'T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- \*'X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfindender Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- \*'Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindender Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- \*& Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

23. April 2001

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

02/05/2001

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Köpf, C

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/CH 00/00636

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 3920726	A 04-01-1990	JP	2013280 A	17-01-1990
		JP	2055584 A	23-02-1990
		JP	2605121 B	30-04-1997
		JP	2119580 A	07-05-1990
		JP	2119581 A	07-05-1990
		US	5162692 A	10-11-1992
EP 0505848	A 30-09-1992	CH	680487 A	15-09-1992
		CN	1065361 A,B	14-10-1992
		DE	69204332 D	05-10-1995
		DE	69204332 T	25-04-1996
		JP	2905835 B	14-06-1999
		JP	6225551 A	12-08-1994
		KR	236492 B	15-01-2000
		US	5296776 A	22-03-1994